



12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 90118792.2

51 Int. Cl.⁵: **G01N 21/17**

22 Anmeldetag: 01.10.90

30 Priorität: 15.11.89 DE 3937905

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
 22.05.91 Patentblatt 91/21

64 Benannte Vertragsstaaten:
 DE FR GB

71 Anmelder: **DORNIER GMBH**
 Postfach 1420
 W-7990 Friedrichshafen 1(DE)

72 Erfinder: **Walker, Karl-Heinz, Dr. Dipl.-Phys.**
 Baitenhauser Strasse 6
 W-7758 Dalsendorf(DE)
 Erfinder: **Sontag, Heinz, Dr. Dipl.-Phys.**
 Rebhalde 6
 W-7990 Friedrichshafen 24(DE)

74 Vertreter: **Landsmann, Ralf, Dipl.-Ing.**
DORNIER GMBH - Patentabteilung - Kleeweg
 3
 W-7990 Friedrichshafen 1(DE)

54 **Faseroptischer Sensor zum Nachweis von photothermischen Effekten.**

57 Es wird ein faseroptischer Sensor zur photothermischen Spektroskopie beschrieben. Licht verschiedener Wellenlänge, das in geeigneter Weise moduliert ist, wird in eine oder mehrere Lichtleitfasern (8) eingekoppelt und das am Faserende (30) austretende Licht derart über Optiken (10) abgebildet, daß die

Bedingungen des optischen Strahlenganges zur Ausbildung und Nachweis einer photothermischen Strahlablenkung erfüllt sind und der photothermische Effekt nachgewiesen werden kann.

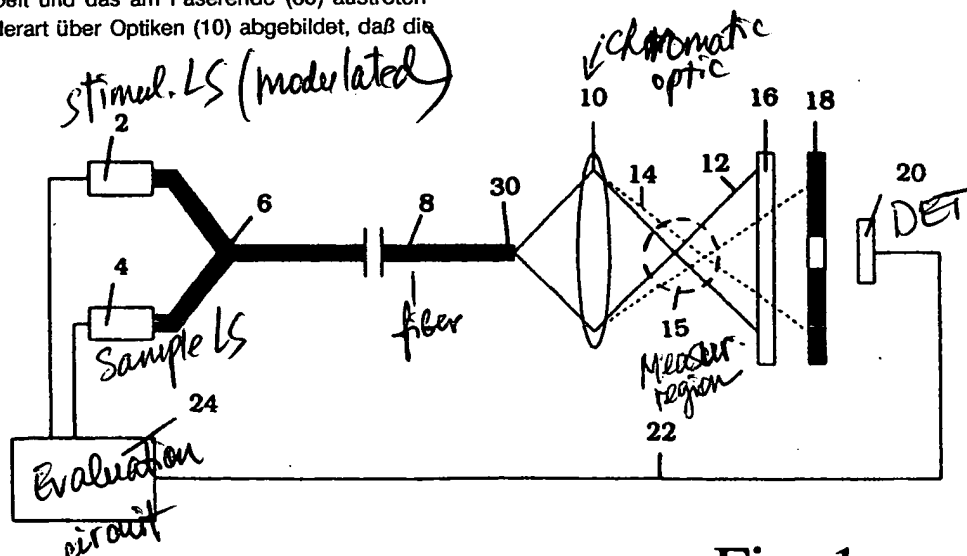


Fig. 1

FASEROPTISCHER SENSOR ZUM NACHWEIS VON PHOTOTHERMISCHEN EFFEKTEN

Die Erfindung betrifft einen faseroptischen Sensor zum Nachweis von photothermischen Phänomenen unter Ausnutzung des Prinzips der photothermischen Strahlablenkung.

Photothermische und photoakustische Effekte werden genutzt zur Untersuchung strahlungsloser Prozesse, beispielsweise in der Spektroskopie, der Analytik (ultrasensitiven Konzentrationsbestimmung in Gasen und Flüssigkeiten), zur Geschwindigkeitsbestimmung von bewegten Medien oder zur Charakterisierung von Festkörpern und dünnen Schichten, beispielsweise zur Bestimmung von Porositäten in Keramiken.

Bei der Photothermik wird moduliertes Licht durch Absorption in einem Medium in Wärme überführt. Die Temperaturveränderung in dem Medium führen zu lokalen Dichteänderungen. Ein Nachweis der Temperaturänderungen kann direkt durch temperaturempfindliche Detektoren oder durch IR-Detektoren erfolgen. Ebenso besteht die Möglichkeit, die Dichteänderungen, die das Entstehen einer Druck- und Wärmequelle bewirken, auf akustischem Wege mittels akustischer Detektoren oder auf optischem Wege beispielsweise durch Ablenkung eines Probestrahls nachzuweisen. Durch die Verwendung von monochromen Lichtquellen variabler Wellenlänge können im Falle der Analytik durch Anregung ausgewählter Absorptionsbande hohe Stoffselektivitäten erreicht werden. Hierfür werden üblicherweise Hochleistungslichtquellen oder Laser verwendet. Stand der Technik zum Nachweis photothermischer Effekte sind relativ große, komplexe optische Aufbauten, wobei die Justierung der Strahlengänge zueinander sehr kritisch ist.

Eine Trennung von Meßgerät und Meßort, wie dies bei In-Line-Anwendungen, beispielsweise in kritischen Umgebungen, häufig notwendig ist, kann hier praktisch nicht durchgeführt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Sensor anzugeben, mit dem photothermische Effekte in zu untersuchenden Stoffen analysiert werden können.

Die Aufgabe wird durch einen faseroptischen Sensor nach Anspruch 1 gelöst. Ausgestaltungen sind Gegenstand von Unteransprüchen.

Gemäß der Erfindung wird ein faseroptischer Sensor angegeben, der über mindestens eine Lichtleitfaser angesteuert wird.

Bei der Verwendung einer einzelnen Faser wird durch gleichzeitiges Führen des Anregungs- und Probenlichtes in einer Faser automatisch eine Vorjustage des optischen Strahlenganges erreicht. Diese automatische Vorjustage wird bei der Verwendung mehrerer Fasern durch die Führung der Fa-

sem erreicht, wobei zumindestens die Faserenden parallel nebeneinander geführt werden und Anregungslicht und Probenlicht in verschiedenen Lichtleitfasern geführt sind. Insbesondere wird durch den Einsatz einer geeigneten Optik die Bedingung des optischen Strahlenganges zum Nachweis photothermischer Ablenkung erfüllt, so daß ein kleiner, einfacher und robuster Sensor aufgebaut werden kann.

Probenlichtstrahl und modulierter Anregungslichtstrahl werden in die eine oder jeweils in eine der Lichtleitfasern eingekoppelt. Als Lichtquellen sind LASER, LEDs oder Hochleistungsweißlichtquellen mit vorgeschaltetem Monochromator verwendbar. Die Lichtstrahlen können direkt in Lichtleitfasern aus den Lichtquellen austreten und dann in eine gemeinsame Lichtleitfaser eingekoppelt werden, oder die Lichtstrahlen treten aus den Lichtquellen aus, laufen zunächst nicht in Lichtleitfasern und werden dann über geeignete optische Mittel in die oder eine der Lichtleitfasern eingekoppelt. Am Ende der Lichtleitfaser treten Probenlichtstrahl und Anregungslichtstrahl aus und werden in das Probenvolumen abgebildet. Die Abbildung erfolgt derart, daß die beiden Lichtstrahlen zwei nebeneinanderliegende Brennpunkte aufweisen. Die Abbildung kann durch eine geeignete chromatische Linse vorgenommen werden. Im Bereich der Brennpunkte befindet sich das zu analysierende Medium, beispielsweise eine Flüssigkeit in einer Küvette oder ein Gas in einem geeigneten Behälter. Durch den Lichteinfall wird das Medium räumlich unterschiedlich erwärmt und verändert seine optischen Eigenschaften. Insbesondere treten hierdurch Brechungsindexgradienten auf, so daß in der vorgegebenen Geometrie ein Probenlichtstrahl abgelenkt wird und von einer thermischen Linse gesprochen werden kann. Die Größe der Ablenkung ist direkt ein Maß für die erfolgte absorbierte Lichtleistung. Das Probenlicht wird von einem Detektor aufgenommen, wobei aus dem gesamten Probenlichtstrahl nur ein Teil durch eine geeignete Lochblende zum Detektor gelangt. In dieser Anordnung erkennt der Detektor bereits sehr kleine Ablenkungen des Probenlichtstrahls durch die Veränderung der Lichtintensität und in einer Auswerteschaltung sind direkt Meßergebnisse, beispielsweise durch phasenempfindlichen Nachweis, zu erzielen. Der Anregungslichtstrahl, der im wesentlichen zur Erwärmung beiträgt, wird durch Filter abgeblockt und gelangt nicht zum Detektor. Alternativ kann, durch Verwendung eines Zeilen- oder Flächendetektors die induzierte Ablenkung direkt in einer Auswertereinheit ermittelt werden.

Im optischen Strahlengang können Optik, Meß-

objekt, Filter, Lochblende und Detektor hintereinanderliegen.

Das Auslesen der Sensorinformation kann auch durch partielle Rückabbildung des Probenstrahls in die einzelne Lichtleitfaser, oder bei mehreren Fasern in eine der Fasern, und Nachweis nach Trennung des zurücklaufenden vom hinlaufenden Strahl erfolgen. Das Faserende, in dem das Probenlicht zurückgekoppelt wird, wirkt hierbei als Lochblende. Alternativ kann ein Photodetektor in den Sensor integriert werden.

Bei der Ausnutzung der Photoakustik wird ein geeigneter Schalldetektor in den Sensor integriert. Vorteilhaft bei diesem Aufbau ist, daß der Detektor aufgrund der sich zylinder- oder kugelförmig ausbreitenden Schallwelle an beliebigen Stellen im Medium positioniert werden kann.

Die elektrische Versorgung des Sensors kann durch partielle Umwandlung des Anregungs- und/oder des Probenlichts in elektrischen Strom einer in den Sensor integrierten Solarzelle erfolgen.

Wenn keine Absorption in dem zu analysierenden Medium stattfindet, zeigt die Auswerteschaltung am Ausgang einen Nullpegel, also kein Signal an. Erst bei Erwärmung infolge von Absorption wird ein Detektorsignal angezeigt, die Absorption muß also nicht wie bei konventionellen Verfahren aus einem Gesamtspektrum herausgemessen werden. Das führt zu einer Empfindlichkeitssteigerung der Messung gegenüber konventioneller Absorptionsspektroskopie durch die erfindungsgemäße Vorrichtung, die mehrere Größenordnungen beträgt.

Bei der Verwendung mehrerer Lichtleitfasern können durch geschickte Anordnung von Anregungslichtfasern zur Probenlichtfaser und Benutzung von Flächendetektoren sowie durch die Verwendung mehrerer Lichtquellen entsprechend mehrkomponentige Analysen durchgeführt werden.

Auch für Festkörper sind photothermische Effekte meßbar. Dort wird durch Erwärmung des Körpers statt einer Linsebildung eine Spiegelbildung erzielt. Der reflektierte Probenlichtstrahl ist durch geeignete Hilfsmittel auf den Detektor zu lenken.

Der räumliche Versatz der Brennpunkte von Probenlichtstrahl und Anregungslichtstrahl, der für die Bildung und den Nachweis der photothermischen Strahlablenkung erforderlich ist, läßt sich bei einfasiger Anordnung durch Wahl des Linsenglasses der chromatischen Optik und bei mehrfasiger Anordnung durch geeignete Anordnung der Fasern zueinander beeinflussen und damit auch auf einen optimierten Abstand einstellen.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 den Aufbau eines faseroptischen Sensors in einfasiger Ausbildung

Fig. 2 den Aufbau nach Fig. 1 in mehrfasiger Ausbildung

Fig. 3 einen weiteren Aufbau eines einfasigen Sensors

Fig. 4 den Sensor nach Fig. 3 in mehrfasiger Ausbildung

Fig. 5 eine Variation der Anordnung nach Fig. 1

Fig. 6 einen weiteren Aufbau eines mehrfasigen Sensors

Fig. 7 eine Variation des Aufbaus nach Fig. 6

Fig. 8 eine Meßkurve für einen Aufbau nach Fig. 1

Fig. 1 zeigt den Aufbau eines faseroptischen Sensors zur thermischen Spektroskopie. Zwei Lichtquellen, eine Anregungslichtquelle 2 und eine Probenlichtquelle 4, mit unterschiedlicher Wellenlänge werden über eine Koppelvorrichtung 6 in eine Lichtleitfaser 8 eingekoppelt, wobei das Licht der Anregungslichtquelle 2 in geeigneter Weise, beispielsweise rechteckförmig wie in Fig. 8 gezeigt, moduliert ist und die Probenlichtquelle 4 kontinuierliches Licht aussendet. Eine geeignete Linsen- oder auch Spiegeloptik 10 fokussiert den Anregungslichtstrahl 12 und den Probenlichtstrahl 14 der beiden Lichtquellen 2 und 4 derart, daß optimale Bedingungen zur photothermisch induzierten Strahlablenkung erfüllt sind. Die fokussierten Lichtstrahlen haben voneinander beabstandete Brennpunkte, die innerhalb des Meßbereichs 15 liegen. Der Meßbereich 15 ist hier skizziert dargestellt; für Flüssigkeiten sind Küvetten oder für Gase geeignete Behälter verwendbar. Das Filter 16 passiert nur noch das Licht des Probenlichtstrahls 14, das auf einen geeigneten Detektor 20 mit davor befindlicher Lochblende 18 fällt. Der Anregungslichtstrahl wird am Filter 16 abgeblockt. Die Detektorsignale werden auf elektrischem Wege über eine Signalleitung 22 zurückgeführt und mit einer Auswerteeinheit 24 weiterverarbeitet.

Die Fig. 2 zeigt eine Anordnung nach Fig. 1, bei der zwei Lichtleitfasern 8 und 9 vorgesehen sind, die zumindestens in ihrem Endbereich parallel nebeneinanderlaufen. Über Koppelvorrichtungen 6 wird das Licht der Anregungslichtquelle 2 und der Probenlichtquelle 4 in die beiden benachbarten Lichtleitfasern 8 und 9 eingekoppelt.

Die Fig. 3 zeigt einen weiteren Aufbau eines faseroptischen Sensors zur photothermischen Spektroskopie. Analog zu Fig. 1 werden die Lichtquellen 2 und 4 über eine Lichtleitfaser 8 geführt und mittels einer chromatischen Optik 10, gemäß geforderter Bedingung zum Nachweis der thermischen Strahlablenkung fokussiert. In geeignetem Abstand wird eine Spiegel- oder Linsenoptik 28 positioniert, so daß das reflektierte Probenlicht 14 auf das Faserende 30 zurückabgebildet wird und das Faserende 30 somit die Aufgabe einer Lochblende übernimmt. Das ausgeblendete Probenlicht wird über die Lichtleitfaser 8 zurückgeführt, in einer zweiten Koppelleinrichtung 6' aus der Lichtleitfaser

8 ausgekoppelt und zu einem Detektor 20 geführt, wobei das Filter 16 verbliebene Teile des Anregungslichtstrahls 12 ausfiltert. Das Filter 16 kann alternativ auch vor dem Faserende 30 oder der Optik 28 positioniert sein. Die Auswertung erfolgt dann, beispielsweise mittels phasenempfindlichem Nachweis, in der Auswerteeinheit 24.

Analog zu Fig. 2 wird in Fig. 4 das Licht der Lichtquellen 2 und 4 über zwei Lichtleitfasern 8 und 9 geführt und mittels einer geeigneten Optik 10, gemäß geforderter Bedingungen zum Nachweis der thermischen Strahlablenkung, fokussiert. In geeignetem Abstand wird eine Spiegel- oder Linsenoptik 28 positioniert, so daß das reflektierte Probenlicht 14 räumlich versetzt auf das Faserende 30 zurückabgebildet wird und das Faserende 30 somit die Aufgabe einer Lochblende übernimmt. Das ebenfalls zurückreflektierte Anregungslicht ist hier aus Übersichtlichkeitsgründen nicht gezeigt. Das ausgeblendete Probenlicht wird über die Lichtleitfaser 9 zurückgeführt, in einer Koppereinrichtung 7 aus der Lichtleitfaser 9 ausgekoppelt und zu einem Detektor 20 geführt, wobei das Filter 16 verbliebene Teile des Anregungslichtstrahls 12 ausfiltert. Das Filter 16 kann ebenfalls alternativ auch vor dem Faserende 30 oder der Optik 28 positioniert werden. Die Auswertung erfolgt in der Auswerteeinheit 24, beispielsweise wiederum durch phasenempfindlichen Nachweis.

Die Fig. 5 zeigt eine Variation der Anordnung nach Fig. 1. Auf dem Filter 16 ist eine Solarzelle 26 angeordnet, die eine geeignete Öffnung 32 aufweist, welche wiederum als Lochblende dient. Das durch die Öffnung 32 hindurchgelangende Anregungslicht wird im Filter 16 abgeblockt, während das Probenlicht hindurchtreten kann und auf den Detektor 20 fällt.

Das nicht genutzte Licht des Probenlichtstrahls 14 und das Licht des Anregungslichtstrahls 12 wird in elektrische Energie umgewandelt und dient zur Versorgung des Detektors 20. Nur ein Teil des Probenlichtstrahls 14 tritt durch die Öffnung 32 in der Solarzelle 26 hindurch. Das Detektorsignal kann dann beispielsweise über eine LED in optische Signale umgewandelt werden und über die Lichtleitfaser 22 zur Auswerteeinheit gesendet werden, so daß eine Potentialtrennung zwischen Meßort und Auswerteeinheit möglich ist. Alternativ kann ein Vorverstärker in dem Detektor integriert werden und ein elektrisches Signal über die Signalleitung 22 zur Auswerteeinheit 24 geschickt werden.

Fig. 6 zeigt eine Variation der Anordnung nach Fig. 2. Hier werden zwei Anregungslichtquellen 2 und 2' verschiedener Wellenlängen in Lichtleitfasern 8 und 8' eingekoppelt und am Ende mit der Probenlichtleitfaser 9 zusammen angeordnet. Nach der Meßstelle 15 wird das Anregungslicht durch die Vorrichtung 16 abgeblockt und das Probenlicht

über eine geeignete Optik 11 zu einem ortsauflösenden Detektor 21 geleitet. Als Detektor 21 kommen beispielsweise eine ortsauflösende Lateraldiode oder ein Quadranten- oder Multielementdetektor in Frage. Durch Auswertung von Amplitude und Richtung der Strahlablenkung kann auf diese Weise eine Zweiwellenlängenanalyse durchgeführt werden. Durch Einsatz weiterer Anregungsstrahlen kann die Analyse auf mehrere Wellenlängen ausgedehnt werden.

Fig. 7 zeigt eine Variation der Anordnung nach Fig. 2 und Fig. 6. Die Funktion der Blende 18 wird hier von einer Lichtleitfaser 34 übernommen, die einen Teil des Probenlichts 14 zum Detektor 22 leitet. Je nach Kompaktheit des Aufbaus kann auf die Optik 11 verzichtet werden. Das Anregungslicht 12 und 12' wird an geeigneter Stelle durch die Vorrichtung 16 abgeblockt. Das Meßsignal wird in der Auswerteeinheit 24 ausgewertet. Zur Mehrwellenlängenanalyse sind die Anregungslichtstrahlen unterschiedlich moduliert und die von ihnen verursachten Signale werden nach bekanntem Verfahren, beispielsweise phasenempfindlichem Nachweis, voneinander separiert.

Die Fig. 8 zeigt eine Meßkurve für einen Aufbau gemäß Fig. 1 oder Fig. 2. In den Fokusbereich wurde eine wässrige Kobalt-Lösung mit einer Konzentration von 200 ppm gebracht. Die Anregung erfolgt mit einem modulierten Argon-Laser (Wellenlänge $\lambda = 514$ nm), als Probenlichtquelle wurde ein HeNe-Laser (Wellenlänge $\lambda = 632,8$ nm) verwendet. Als Lichtleitfaser wurde eine Multimode-Faser mit einem Innendurchmesser von 113 μm benutzt. Die obere Meßkurve zeigt den zeitlichen Verlauf der Anregung und die untere Meßkurve das entsprechende Detektorsignal.

Der beschriebene Sensor ermöglicht die Trennung von Meßgerät und Meßstelle. Somit ist eine Durchführung der Messung beispielsweise in kerntechnischen Anlagen, explosionsgefährdeten Bereichen oder sonstigen kritischen Umgebungen möglich. Der Sensor ist klein, leicht, kompakt, robust, einfach justierbar und preiswert, Anwendungen sind insbesondere auch in der Umweltanalyse bei empfindlichen Nachweisen feinsten Spuren von Verschmutzungen oder bei der Prozesskontrolle möglich.

Bei einer mehrfasigen Anordnung ist auch möglich, den Meßbereich unmittelbar am Faserende der Lichtleitfasern anzuordnen. Die räumlich getrennten Brennpunkte ergeben sich dabei durch die Lage der Lichtleitfasern, so daß auf eine Optik zur Fokussierung verzichtet werden kann. Das Licht wird nach dem Meßbereich reflektiert und beispielsweise über eine weitere Lichtleitfaser zu einem Detektor geführt.

Ansprüche

1. Faseroptischer Sensor zur photothermischen Spektroskopie, **gekennzeichnet durch**

- wenigstens zwei Lichtquellen, einer Probenlichtquelle (4) und wenigstens einer Anregungslichtquelle (2), die Licht verschiedener Wellenlänge, von denen das Licht der Anregungslichtquelle (2) moduliert ist, aussenden,

- wenigstens eine Koppelvorrichtung (6), in der die Lichtstrahlen der beiden Lichtquellen in wenigstens eine Lichtleitfaser (8) eingekoppelt werden,

- eine Optik (10), die das am Faserende (30) austretende Licht derart abbildet, daß die Lichtstrahlen der Probenlichtquelle (4) und der Anregungslichtquelle (2) räumlich voneinander getrennte Brennpunkte bilden,

- die Anordnung des zu analysierenden Stoffes in einem Meßbereich (15) im Bereich der Brennpunkte,

- einen Detektor (20,21,22), der mit einer Auswerteeinheit (24) verbunden ist, mit der photothermische Strahlablenkung nachweisbar ist,

- eine erste Vorrichtung (16), die das Licht der Anregungslichtquelle (2) nach Passieren des Meßbereichs (15) vor Erreichen des Detektors (20) abblockt und

- eine zweite Vorrichtung (18,30,34), die nur einen Teil des Lichts der Probenlichtquelle (4) durchläßt.

2. Faseroptischer Sensor zur photothermischen Spektroskopie, **gekennzeichnet durch**

- wenigstens drei Lichtquellen, einer Probenlichtquelle (4) und wenigstens zwei Anregungslichtquellen (2,2'), die Licht verschiedener Wellenlänge, von denen das Licht der Anregungslichtquellen (2,2') moduliert ist, aussenden,

- wenigstens eine Koppelvorrichtung (6), in der die Lichtstrahlen der Lichtquellen in wenigstens eine Lichtleitfaser (8) eingekoppelt werden,

- eine erste Optik (10), die das am Faserende (30) austretende Licht derart abbildet, daß die Lichtstrahlen der Probenlichtquelle (4) und der Anregungslichtquellen (2,2') räumlich voneinander getrennte Brennpunkte bilden,

- die Anordnung des zu analysierenden Stoffes in einem Meßbereich (15) im Bereich der Brennpunkte,

- einen ortsauflösenden Detektor (21), der mit einer Auswerteeinheit (24) verbunden ist, mit der photothermische Strahlablenkung nachweisbar ist,

- eine Vorrichtung (16), die das Licht der Anregungslichtquellen (2,2') nach Passieren des Meßbereichs (15) vor Erreichen des Detektors (21) abblockt und

- eine zweite Optik (11), die das Licht der Probenlichtquelle (4) nach Passieren der Vorrichtung (16) auf den Detektor (21) abbildet.

3. Faseroptischer Sensor nach Anspruch 1, da-

durch **gekennzeichnet**, daß die Lichtstrahlen der Anregungslichtquelle (2) und die Lichtstrahlen der Probenlichtquelle (4) in getrennten, wenigstens in ihren Endbereichen nebeneinanderliegenden Lichtleitfasern verlaufen.

4. Faseroptischer Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die erste Vorrichtung (16) ein Filter ist und im optischen Strahlengang zwischen Optik (10) und Detektor (20,21) nach dem Meßbereich (15) vorgesehen ist.

5. Faseroptischer Sensor nach Anspruch 1 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Vorrichtung (18) eine Schlitz- oder Lochblende oder eine definierte Kante ist, und daß die Vorrichtung (18) im optischen Strahlengang zwischen Optik (10) und Detektor (20) nach dem Meßbereich (15) vorgesehen ist.

6. Faseroptischer Sensor nach einem der Ansprüche 1 oder 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Vorrichtung (16) wenigstens eine Solarzelle (26) trägt und die Vorrichtung (18) eine Öffnung (32) in der Solarzelle (26) ist, und daß die Vorrichtung (16) mit der Solarzelle (26) im optischen Strahlengang zwischen Optik (10) und Detektor (20) nach dem Meßbereich (15) vorgesehen ist.

7. Faseroptischer Sensor nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß Vorrichtungen vorgesehen sind, um mit der in der Solarzelle (26) erzeugte Energie den Detektor (20) zu versorgen.

8. Faseroptischer Sensor nach einem der Ansprüche 1 oder 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß im optischen Strahlengang nach dem Meßbereich (15) eine Optik (28) vorgesehen ist, die die Lichtstrahlen von Probenlichtquelle (4) und Anregungslichtquelle (2) reflektiert und daß eine zweite Kuppelvorrichtung (6', 7) vorgesehen ist, über die das reflektierte und in der Optik (10) auf das Faserende (30) zurückabgebildete Licht über die Vorrichtung (16) auf den Detektor (20) auskoppelbar ist.

9. Faseroptischer Sensor nach einem der Ansprüche 1, 3, 4 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die nur einen Teil des Probenlichtstrahls (14) durchlassende Vorrichtung eine Lichtleitfaser (34) ist, die im optischen Strahlengang hinter dem Meßbereich (15) und der Vorrichtung (16) angeordnet ist und diesen Teil des Probenlichtstrahls (14) zum Detektor (22) leitet.

10. Faseroptischer Sensor zur photothermischen Spektroskopie, **gekennzeichnet durch**

- wenigstens zwei Lichtquellen, einer Probenlichtquelle und wenigstens einer Anregungslichtquelle, die Licht verschiedener Wellenlänge, von denen das Licht der Anregungslichtquelle moduliert ist, aussenden,

- wenigstens zwei Koppelvorrichtungen, in denen die Lichtstrahlen der beiden Lichtquellen in wenig-

stens zwei Lichtleitfasern eingekoppelt werden, die wenigstens in ihren Endbereichen nebeneinanderliegenden verlaufen,

- die Anordnung des zu analysierenden Stoffes in einem Meßbereich unmittelbar am Faserende, wobei die Lichtstrahlen der Probenlichtquelle und der Anregungslichtquelle im Meßbereich räumlich voneinander getrennte Punkte entsprechend der Lage der Faserenden zueinander bilden, 5
- eine Optik, die die Lichtstrahlen von Probenlichtquelle und Anregungslichtquelle nach dem Meßbereich reflektiert und auf das Faserende zurückabbildet, 10
- das Faserende, das für das reflektierte Licht eine Vorrichtung bildet, die nur einen Teil des Lichts der Probenlichtquelle durchläßt, 15
- einen Detektor, der mit einer Auswerteeinheit verbunden ist, mit der photothermische Strahlableitung nachweisbar ist,
- eine Vorrichtung, die das Licht der Anregungslichtquelle nach Passieren des Meßbereichs vor Erreichen des Detektors abblockt und 20
- eine weitere Koppereinrichtung, über die das reflektierte und auf das Faserende zurückabgebildete Licht über die Vorrichtung auf den Detektor auskoppelbar ist. 25

11. Faseroptischer Sensor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die das Licht der Anregungslichtquelle abblockende Vorrichtung ein Filter ist und im optischen Strahlengang zwischen Optik und Detektor nach dem Meßbereich vorgesehen ist. 30

12. Faseroptischer Sensor nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schalldetektor zum Nachweis photoakustischer Phänomene im Meßbereich (15) vorgesehen ist. 35

13. Faseroptischer Sensor nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquellen (2, 2', 4) Laser sind.

14. Faseroptischer Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquellen (2, 2', 4) LEDs sind. 40

15. Faseroptischer Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Anregungslichtquellen (2,2') Laser sind und die Probenlichtquelle (4) eine LED ist. 45

16. Faseroptischer Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Anregungslichtquellen (2,2') Weißlichtquellen mit nachgeschaltetem Monochromator sind und die Probenlichtquelle (4) eine LED ist. 50

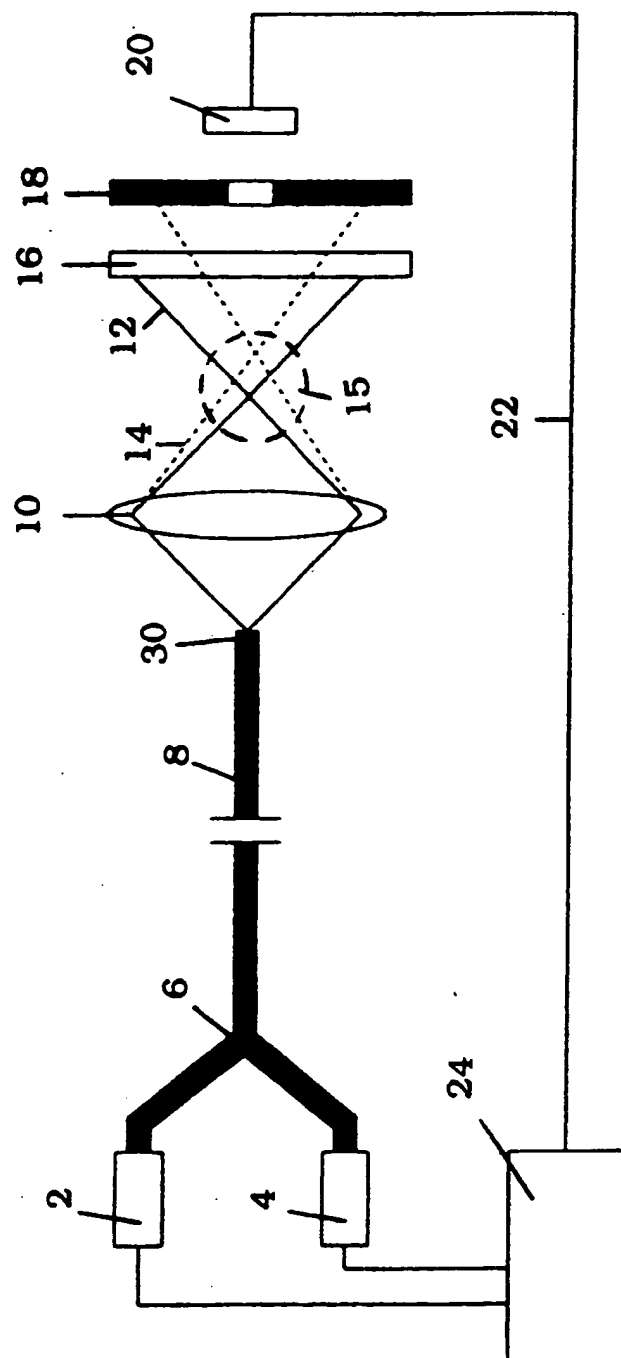


Fig. 1

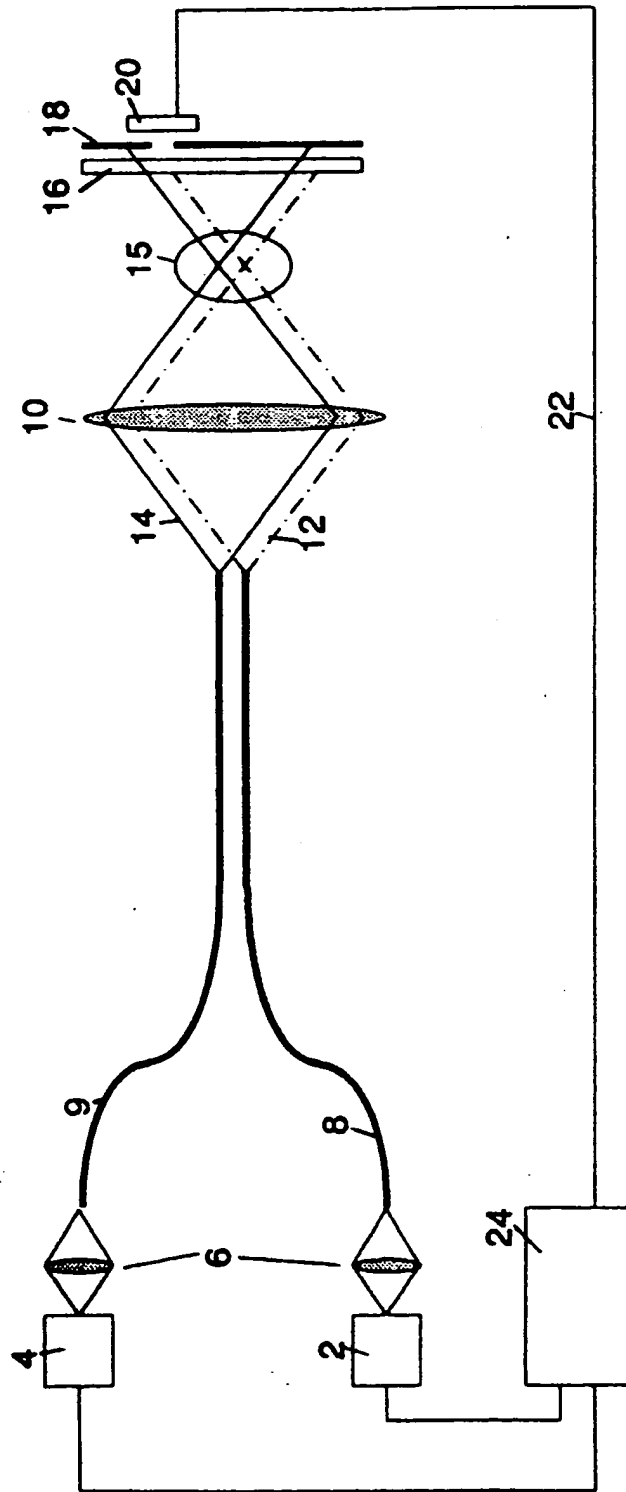


Fig. 2

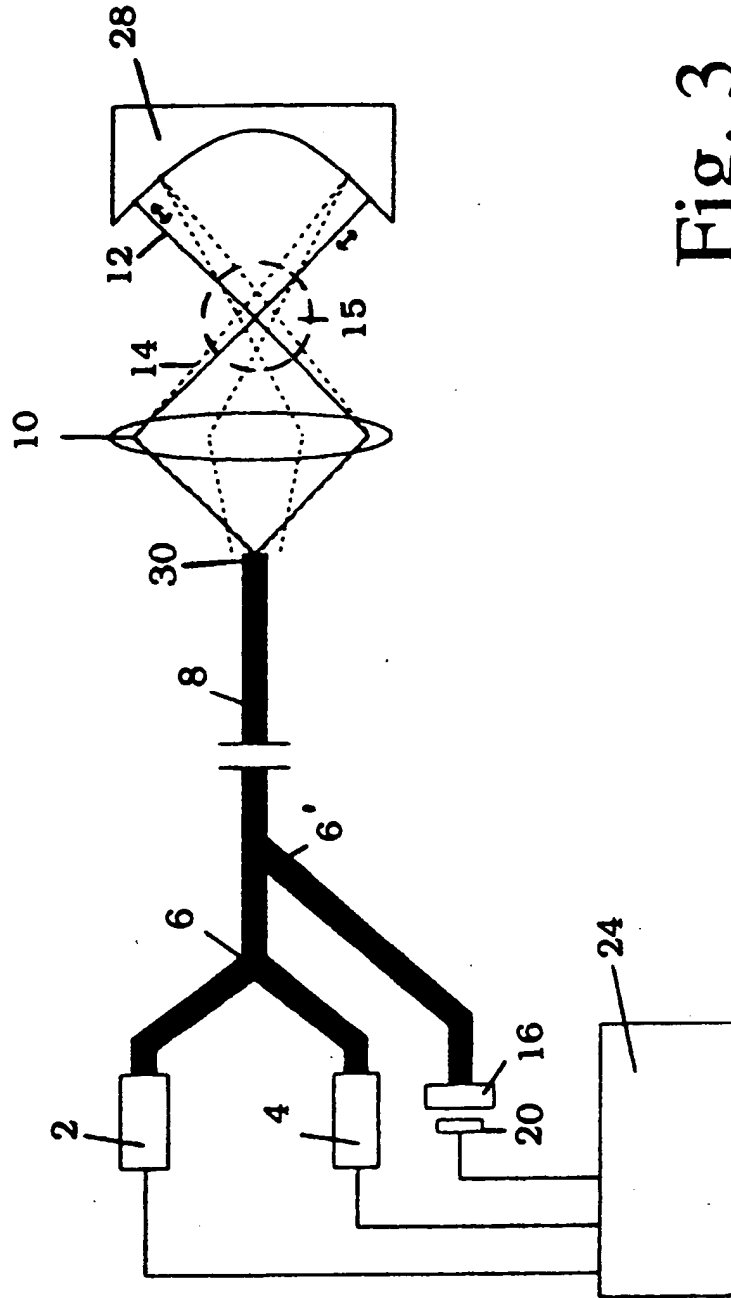


Fig. 3

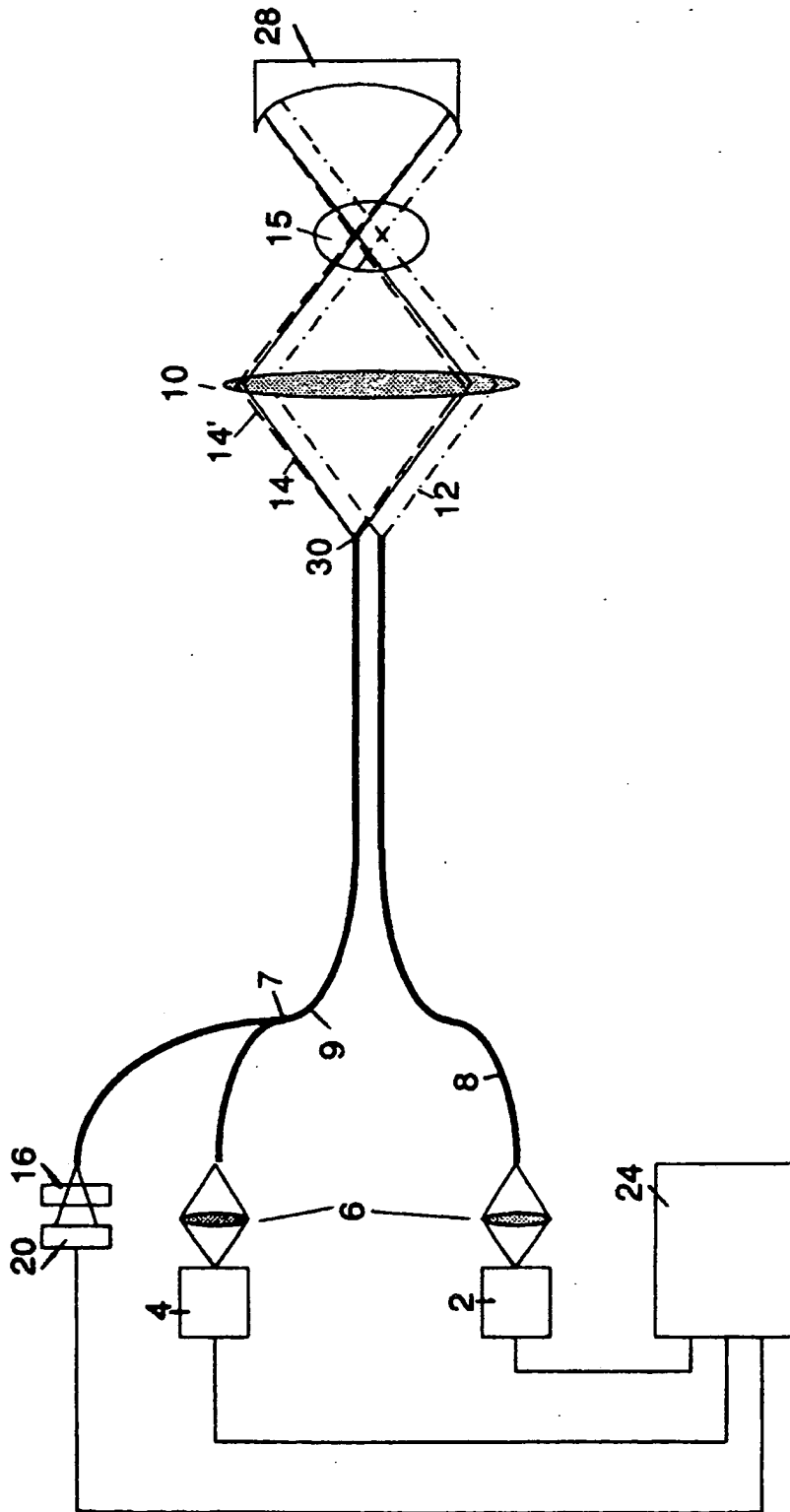


Fig. 4

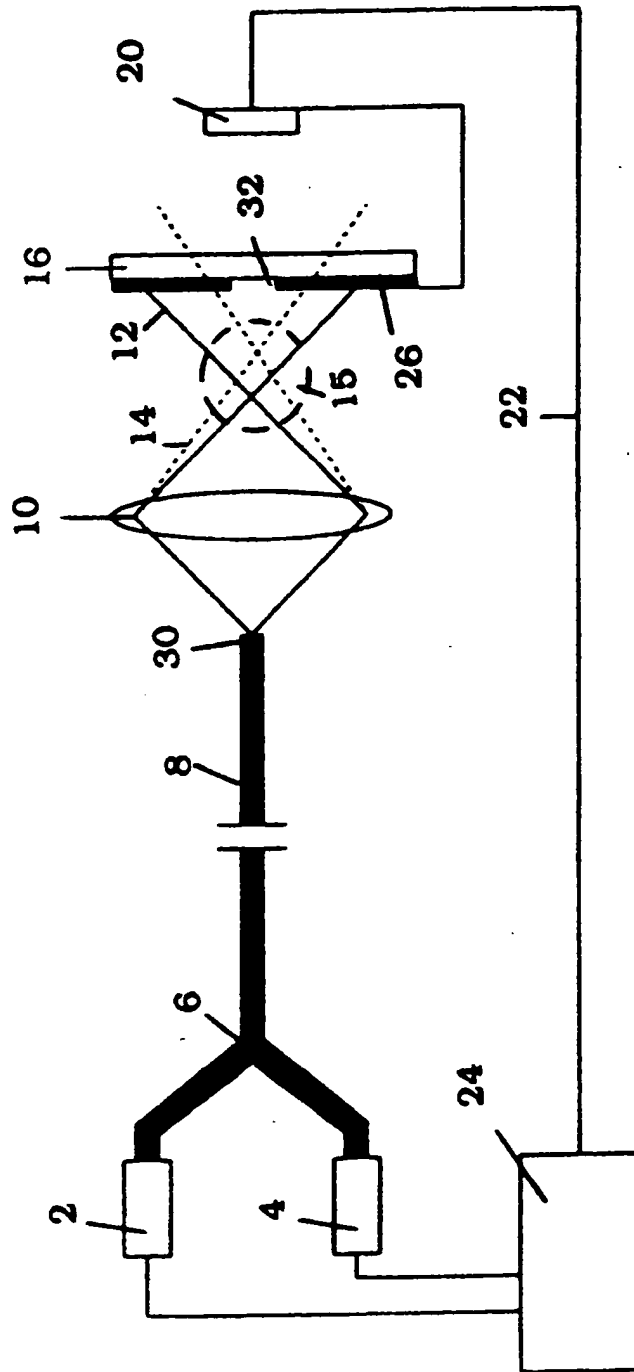


Fig. 5

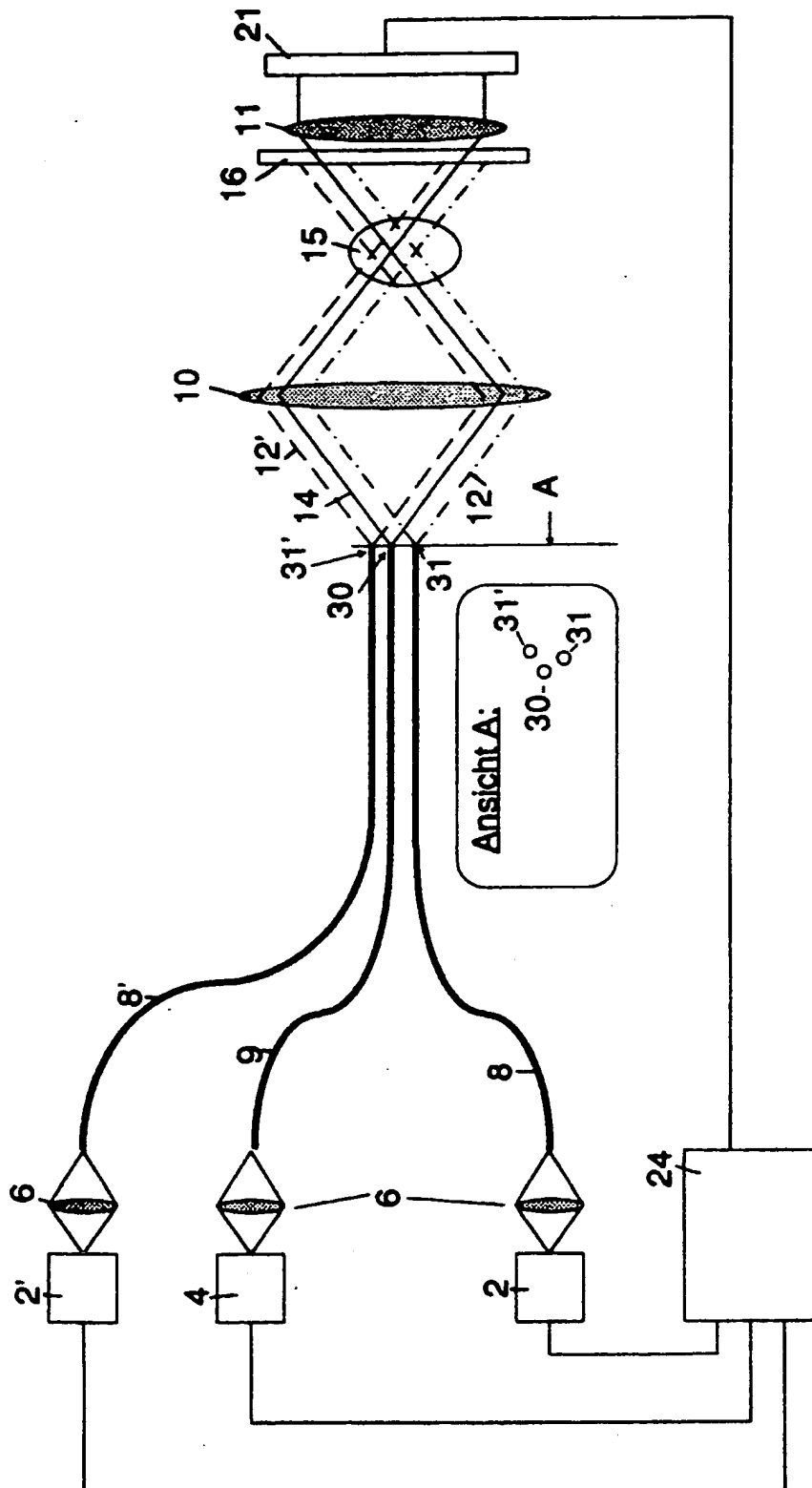


Fig. 6

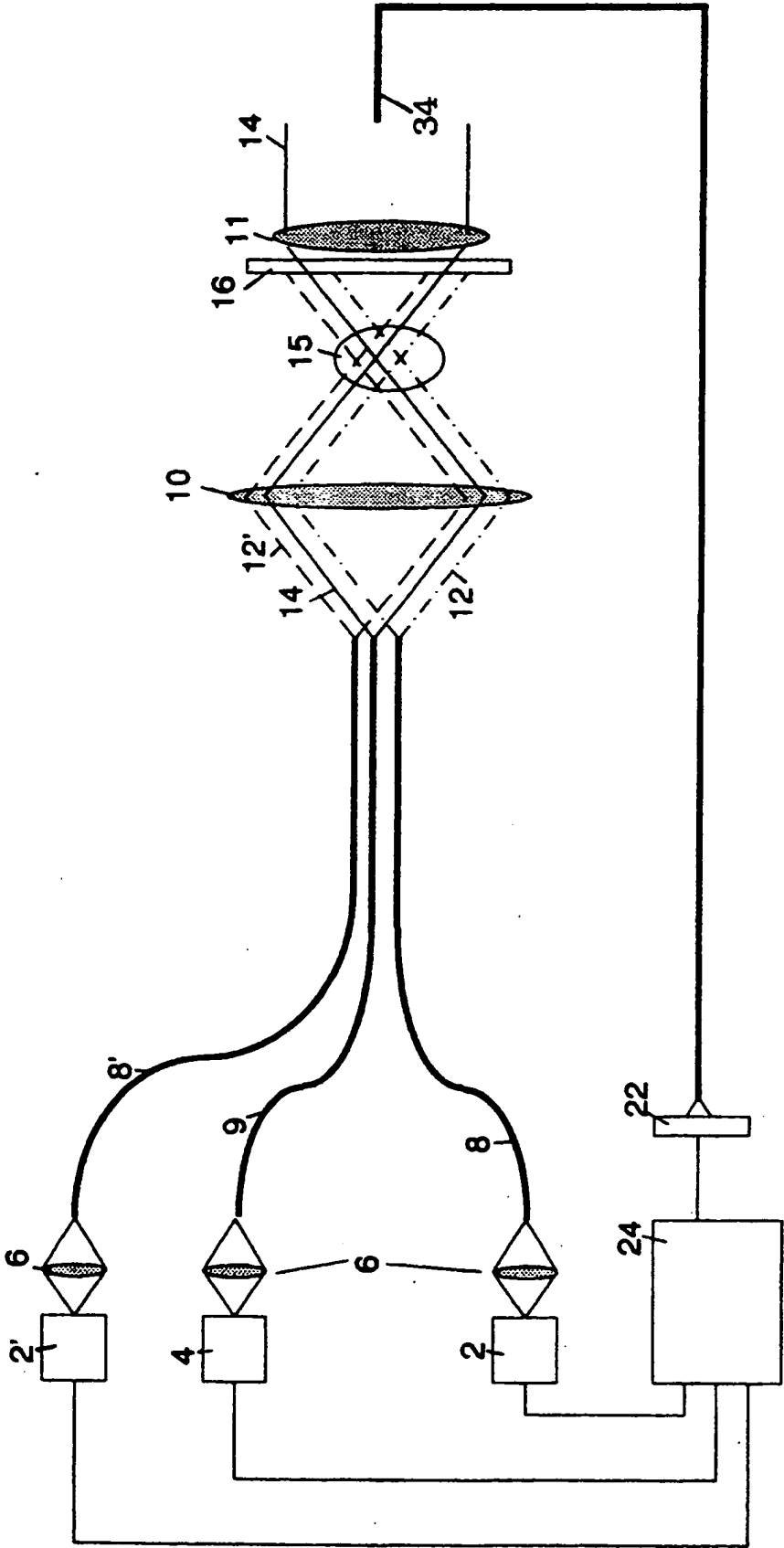


Fig. 7

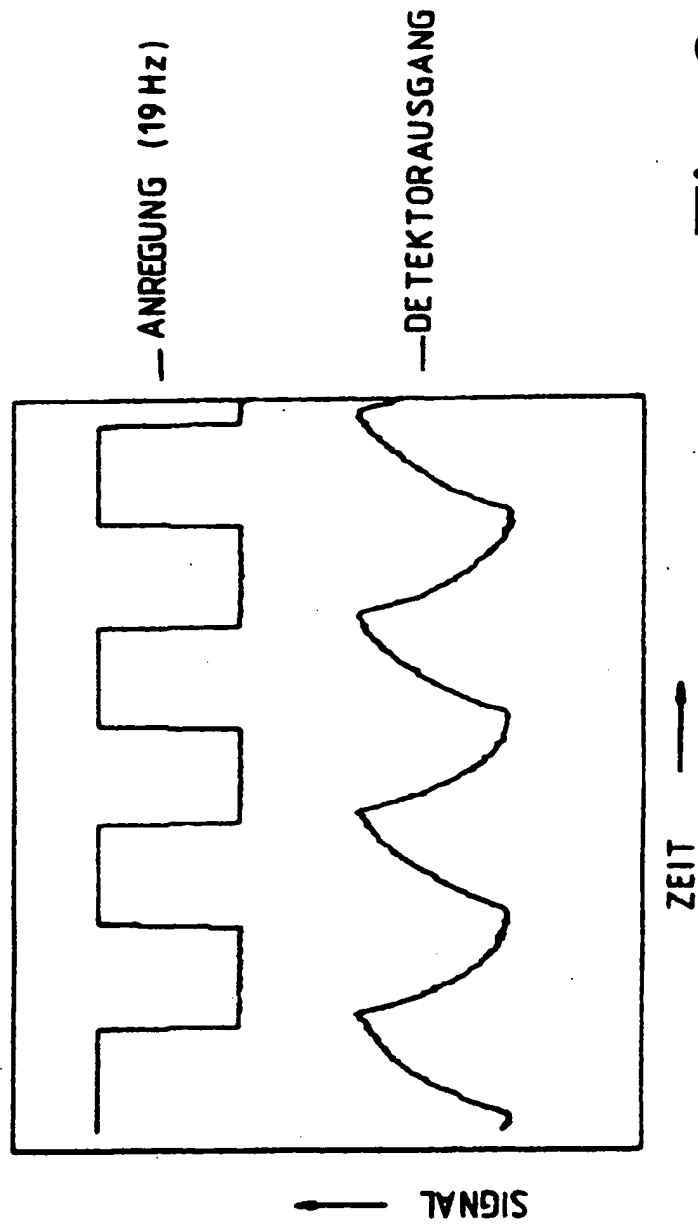


Fig. 8



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 90118792.2

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
Y	<u>DE - A1 - 3 146 700</u> (CARL ZEISS) * Seite 3, Zeilen 8-24; Seite 5, Zeile 28 - Seite 6, Zeile 10; Fig. 1 *	1, 3, 10, 12, 13	G 01 N 21/17
Y	<u>DE - A1 - 3 813 258</u> (SIEMENS) * Spalte 3, Zeilen 4-61; Fig. 1, 2 *	1, 3, 10, 12, 13	
A	<u>EP - A1 - 0 105 078</u> (VANZETTI) * Seite 2, Zeile 33 - Seite 4, Zeile 15; Fig. 1 *	1, 10	
A	<u>DE - A1 - 3 510 314</u> (PETRY) * Spalte 3, Zeilen 9-63 *	1, 10	
A	<u>EP - A2 - 0 054 292</u> (SIEMENS) * Anspruch 1; Fig. 1 *	1, 10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
			G 01 J 3/00 G 01 N 21/00 G 01 N 25/00
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort WIEN		Abschlußdatum der Recherche 18-01-1991	
		Prüfer BAUER	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet		E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie		D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
A : technologischer Hintergrund		L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	
O : mündliche Offenbarung		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze			

DERWENT-ACC-NO: 1991-150019

DERWENT-WEEK: 199121

COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Optical fibre sensor for photo-thermic effect - uses
stimulation and sample light of different wavelengths,
imaged at different focal points

INVENTOR: SONTAG, H; WALKER, K ; WALKER, K H

PATENT-ASSIGNEE: DORNIER GMBH[DOSY]

PRIORITY-DATA: 1989DE-3937905 (November 15, 1989)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
EP 427943 A	May 22, 1991	N/A	000	N/A
<u>DE 3937905 C</u>	May 23, 1991	N/A	000	N/A
DE 59002638 G	October 14, 1993	N/A	000	G01N 021/17
EP 427943 B1	September 8, 1993	G	018	G01N 021/17

DESIGNATED-STATES: DE FR GB DE FR GB

CITED-DOCUMENTS: DE 3146700; DE 3510314 ; DE 3813258 ; EP 105078 ; EP 54292

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
EP 427943A	N/A	1990EP-0118792	October 1, 1990
DE 3937905C	N/A	1989DE-3937905	November 15, 1989
DE 59002638G	N/A	1990DE-0502638	October 1, 1990
DE 59002638G	N/A	1990EP-0118792	October 1, 1990
DE 59002638G	Based on	EP 427943	N/A
EP 427943B1	N/A	1990EP-0118792	October 1, 1990

INT-CL (IPC): G01J003/00, G01N021/17

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 3937905C

BASIC-ABSTRACT:

The sensor has several optical fibres (8) supplied with modulated light of different wavelengths from a sample light source (4) and a stimulation light source (2). The light received at the opposite end (30) of the fibres (8) is fed to an imaging element (10) providing two spaced focal points for the sample

and stimulation light.

The analysis material is positioned within the defined measuring zone (15) with a detector (20) coupled to an evaluation circuit (24) for photothermal beam deflection. The stimulation light is blocked before reaching the detector (20), with only a fraction of the sample light being used.

USE - Photothermal spectroscopy for ultra sensitive concentration evaluation.

ABSTRACTED-PUB-NO: EP 427943A

EQUIVALENT-ABSTRACTS:

The fibre optic sensor, for photo-thermal spectroscopy, provided with a test light source (4) and at least one excitation light source (2), whereby the light sources respectively emit light of different wavelengths and the light of the excitation source (2) is modulated. A coupling device (6) is provided, in which the light beams of the two light sources are coupled in a common light conducting fibre (8).

A chromatic optic (10), images the light emanating at the fibre end (30) of the light conducting fibre (8) in such a way, that the light beams of the test light source (4) and the excitation light source (2) form focal points spatially separate from one another. A unit arranges the material to be analysed in a measuring region (15) in the vicinity of the focal points. A detector (20) connected with an evaluation unit (24), determines the light of the test light source, with which a photothermal effect can be detected in the material to be analysed. A first device (16) blocks the light of the excitation source (2) after passing the measuring region (15) before reaching the detector (20). A second device (18, 30) is provided, which allows through only a part of the light of the test light source (4) on to the detector (20).

ADVANTAGE - Enables photothermal effect in materials under test to be analysed.
@(8pp)@

EP 427943B

Fibre-optic sensor for photothermal spectroscopy, having - at least two light sources, a sample light source (4) and at least one energizer light source (2), which emit light of different wavelengths, of which the light of the energizer light source (2) is modulated; - at least one coupler device (6), in which the light rays of the two light sources are coupled into at least one light conducting fibre (8); - optical means (10) which project the light emitted at the fibre end (30) in such a manner that the light rays of the sample light source (4) and the energizer light source (2) form focal points which are spatially separate from one another; - the disposition of the substance to be analysed in a measuring region (15) in the vicinity of the focal points; - a detector (20, 21, 22) which is connected to an evaluation unit (24) with which photothermal ray deflection can be detected; - a first device (16) which blocks

off the light from the energizer light source (2) when it has passed through the measuring region (15) and before it reaches the detector (20); and - a second device (18, 30, 34) which only allows some of the light from the sample light source (4) through after it has passed through the measuring region.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/8 Dwg.1/8

DERWENT-CLASS: S02 S03 V07

EPI-CODES: S02-G01A; S03-E04; S03-E14D4; S03-F06A; S03-F06B; V07-K05; V07-N;